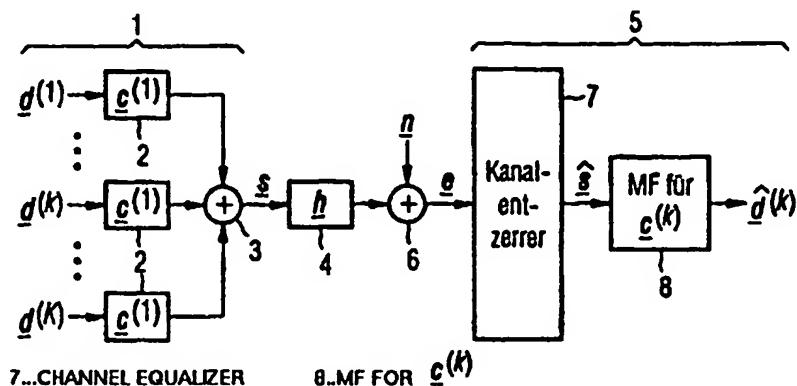




(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : H04B 7/26		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/48192
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 18. Dezember 1997 (18.12.97)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE97/01160		(81) Bestimmungsstaaten: BR, CN, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 9. Juni 1997 (09.06.97)			
(30) Prioritätsdaten: 196 23 665.7 13. Juni 1996 (13.06.96) DE		Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (DE/DE); Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).			
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KLEIN, Anja [DE/DE]; Franz-Nissl-Strasse 33, D-80999 München (DE). BAIER, Paul, Walter [DE/DE]; Burgunderstrasse 6, D-67661 Kaiserslautern (DE). STEINER, Bernd [DE/DE]; Wilhelm-Leuschner-Strasse 43, D-64347 Griesheim (DE). JUNG, Peter [DE/DE]; Im Rabental 28, D-67697 Otterberg (DE).			

(54) Title: PROCESS FOR SEPARATING A RECEIVED MIXTURE OF SIGNALS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM SEPAREREN EINES EMPFANGENEN SIGNALGEMISCHES



(57) Abstract

In a multi-subscriber radio system (1) in which the signals are given a subscriber-specific form, after a transmission via one and the same channel (4), the mixture of signals received at a subscriber's station (5) is separated in two steps a manner tailored specifically for the subscriber concerned. In the first step channels are equalised (7). In the subsequent second step the signals are filtered (8), whereby the filter coefficients are determined from the signal form specific to the subscriber concerned. The process of the invention can be used for the down-link of a mobile telephone system operating on CDMA.

(57) Zusammenfassung

In einem Mehrteilnehmer-Funksystem (1), bei dem die Signale mit einer teilnehmerspezifischen Signalform beaufschlagt werden, wird nach einer über ein und denselben Übertragungskanal (4) erfolgenden Übertragung das in einer Teilnehmerstation (5) empfangene Signalgemisch in zwei Schritten in spezifisch auf den interessierenden Teilnehmer zugeschnittener Weise separiert. Im ersten Schritt wird eine Kanalentzerrung (7) durchgeführt. Im sich daran anschließenden zweiten Schritt erfolgt dann eine Filterung (8), wobei die Filterkoeffizienten aus der teilnehmerspezifischen Signalform des interessierenden Teilnehmers bestimmt werden. Das Verfahren nach der Erfindung läßt sich für die Abwärtsstrecke (downlink) eines Mobilfunksystems einsetzen, das mit CDMA arbeitet.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften; die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LJ	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

VERFAHREN ZUM SEPARIEREN EINES EMPFANGENEN SIGNALGEMISCHES

5 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Separieren eines empfangenen Signalgemisches gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

10 Die empfangsseitige Separierung eines Signalgemisches im Rahmen eines Mehrteilnehmer-Signalübertragungssystems, wobei die Übertragung der verschiedenen Teilnehmersignale über ein und denselben Übertragungskanal erfolgt, ist beispielsweise auf der Empfangsseite der Abwärtsstrecke (downlink) von Mobilfunksystemen erforderlich, bei denen eine ortsfeste Basisstation mit einer Vielzahl von Mobilstationen kommunizieren kann.

20 Es ist dabei davon auszugehen, daß die Basisstation mit K Teilnehmerstationen in einem Mobilfunksystem gleichzeitig kommunizieren möchte. Deshalb ist dafür zu sorgen, daß in der Abwärtsstrecke das für eine der K Teilnehmerstationen bestimmte, von der Basisstation kommende Signal in der zutreffenden Teilnehmerstation von den für andere Teilnehmerstationen bestimmten Signalen getrennt werden kann. Ein solches Separieren wird durch das Verwenden von Vielfachzugriffsverfahren ermöglicht. Man unterscheidet die eher klassischen Vielfachzugriffsverfahren Frequenzmultiplex (Frequency Division Multiple Access, FDMA) und Zeitmultiplex (Time Division Multiple Access, TDMA) sowie das moderne Vielfachzugriffsverfahren Codemultiplex (Code Division Multiple Access, CDMA).
25 Diese drei Verfahren können auch in Kombination angewandt werden. Das Vielfachzugriffsverfahren CDMA beruht auf den Prinzipien der Bandspreiztechnik. In CDMA-Systemen unterscheiden sich die K Teilnehmersignale, die jeweils aus einer Datenfolge mit aneinander gereihten Datensymbolen bestehen, durch die in den Datensymbolen enthaltenen CDMA-Spreizcodes, die auch Signaturen genannt werden. Die folgenden Betrachtun-

gen betreffen in erster Linie Systeme, bei denen CDMA verwendet wird. Allerdings ist die Anwendbarkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht auf CDMA-Systeme beschränkt.

- 5 Die Separierung eines Signalgemisches, der bei CDMA-Systemen eine Datenschätzung entspricht, lässt sich in bekannter Weise durch eine signalangepaßte Filterung (MF, Matched Filtering) bewerkstelligen, die jeweils auf den CDMA-Spreizcode des Teilnehmers angepaßt ist. Ein diese signalangepaßte Filterung 10 durchführender Empfänger lässt sich beispielsweise als Korrelator oder als RAKE-Empfänger realisieren, vgl. z.B. das Buch von Proakis, J.G.: „Digital Communications“, New York, McGraw-Hill, 1989.
- 15 Eine andere bekannte Möglichkeit zur Separierung eines einfallenden Signalgemisches ist die sogenannte Interferenzeliminierung (IC, Interference Cancellation), die z. B. in der deutschen Patentanmeldung 195 09 867.6, in Ewerbring, M.; Gudmundson, B.; Larsson, G.; Teder, P.: „CDMA with interference cancellation: A technique for high capacity wireless systems“, Proc. Int. Conf. Commun., Genf, 1993, Seiten 1901 bis 1906 und in Dent, P.; Gudmundson, B.; Ewerbring, M.: „CDMA-IC: A novel code division multiple access scheme based on interference cancellation“, Proc. Symp. Personal, Indoor 20 and Mobile Radio Commun., Boston, 1992, Seiten 98 bis 102 beschrieben ist.
- 25

Außerdem lässt sich in bekannter Weise eine Separierung eines Signalgemisches mit Hilfe einer sogenannten gemeinsamen Detektion (JD, Joint Detection) durchführen, die beispielsweise 30 in DE 41 21 356 C2 und DE 43 29 320 A1 beschrieben ist.

Die signalangepaßte Filterung ergibt bei der Separierung eines Signalgemisches eine sehr schlechte Leistungsfähigkeit, 35 z. B. in Form von Bitfehlerwahrscheinlichkeiten, bei Mehrwellenkanälen.

Bei der Verwendung der Interferenzeliminierung (IC) und bei der gemeinsamen Detektion (JD) besteht der Nachteil, daß bei der Separierung eines Signalgemisches auf der Empfangsseite die Spreizcodes aller aktiven Teilnehmer, die mit IC oder JD bearbeitet werden sollen, in jedem Empfänger bekannt sein müssen. Im Falle der Abwärtsstrecken (downlinks) in Mobilfunksystemen müssen damit die Spreizcodes, z.B. die CDMA-Codes, die zur Übertragung von der Basisstation zu allen Mobilstationen verwendet werden, in jeder der Mobilstationen bekannt sein und damit zu jeder Mobilstation übertragen werden, was einen hohen zusätzlichen Aufwand bedeutet. Darüber hinaus ist der erforderliche Rechenaufwand bei der Anwendung der Interferenzeliminierung (IC) und der gemeinsamen Detektion (JD) relativ hoch.

Der Erfahrung liegt die Aufgabe zugrunde, bei der empfangsseitigen Separierung eines Signalgemisches in der Abwärtsstrecke (downlink) eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit gegenüber der signalangepaßten Filterung zu erzielen und dabei eine ähnlich gute Leistungsfähigkeit wie bei Durchführung einer Interferenzeliminierung (IC) oder einer gemeinsamen Detektion (JD) zu erreichen. Gegenüber der Interferenzeliminierung und der gemeinsamen Detektion soll dabei die Notwendigkeit vermieden werden, die Spreizcodes (CDMA-Codes) aller Teilnehmer an alle Empfänger zu übermitteln. Darüber hinaus soll noch, zumindest in den meisten Fällen, der Rechenaufwand im Vergleich zur Interferenzeliminierung und zur gemeinsamen Detektion verringert werden.

Gemäß der Erfahrung wird diese Aufgabe bei einem gattungsmaßen Verfahren durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 angegebenen Merkmale gelöst. Zu der im ersten Schritt durchgeföhrten Kanalentzerrung läßt sich prinzipiell jeder beliebige, z.B. aus der Literatur (beispielsweise das bereits genannte Buch von Proakis, J.G.: „Digital Communications“, New York, McGraw-Hill, 1989) bekannte Entzerrer einsetzen.

Zweckmäßige Weiterbildungen und Ausführungsmöglichkeiten des Verfahrens nach der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben. Einige der Unteransprüche enthalten besonders vor-
5 teilhafte Möglichkeiten zur Kanalentzerrung.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Separierung eines Signal-
gemisches wird im folgenden noch anhand eines beispielhaften
Systemmodells für die Abwärtsstrecke eines digitalen CDMA-Mo-
10 bilfunksystems erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 das Blockschaltbild dieses Systemmodells für die Abwärtsstrecke eines Mobilfunksystems,
- Fig. 2 die Struktur der Kovarianzmatrix R_s ,
- 15 Fig. 3 die Struktur der Matrix $E^T E + \frac{\sigma^2}{K} I$, und
- Fig. 4 Schritte zur Modifikation der Matrix $E^T E + \frac{\sigma^2}{K} I$ und Matrixinversion.

In diesem Zusammenhang wird ein Datenschätzalgorithmus zur
20 Einzeldetektion, nämlich ein sogenannter SD (Single User De-
tection)-Algorithmus entwickelt. Bei der folgenden Beschrei-
bung des zeitdiskreten Systemmodells werden Vektoren und Ma-
trizen in kleinen bzw. großen Buchstaben fettgeschrieben,
komplexe Größen sind unterstrichen. Die komplexe Konjugation
25 bzw. die Transposition werden durch $(.)^*$ bzw. $(.)^T$, die Bil-
dung des Erwartungswertes wird durch $E(.)$ beschrieben. Wie
Fig. 1 zeigt, überträgt eine Basisstation 1 K Datensymbolfol-
gen $d^{(k)}$, $k=1\dots K$, zu K Teilnehmerstationen, die gleichzeitig
im gleichen Frequenzband in der gleichen Funkzelle bedient
30 werden. Die Datensymbolfolgen $d^{(k)}$, $k=1\dots K$, repräsentieren
einen Datenblock entweder vor oder nach der Mittambel. Jedes
Datensymbol der Datensymbolfolge $d^{(k)}$ wird in der Basisstation
1 unter Einsatz von Einrichtungen 2 zum Beaufschlagen mit den
teilnehmerspezifischen Codes mit einem jeweils teilnehmer-
35 spezifischen CDMA-Code $c^{(k)}$, $k=1\dots K$, gespreizt. In der Basis-

5

station 1 wird dann mittels eines Summierglieds 3 ein Summensignal \underline{s} gebildet. Das Summensignal \underline{s} ergibt sich zu

$$\underline{s} = (s_1, s_2, \dots, s_{NQ})^T = \underline{C} \cdot \underline{d} \quad (1)$$

5

mit der Matrix

$$\underline{C} = (C_{i,j}); \quad i=1 \dots QN; \quad j=1 \dots KN; \quad Q = \text{Chipzahl des Codes}$$

$$10 \quad C_{q(n-1)+q, k+K(n-1)} = \begin{cases} C_q^{(k)} & \text{für } \begin{array}{l} q = 1 \dots Q, \quad n = 1 \dots N \\ k = 1 \dots K, \quad \quad \quad \end{array} \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \quad (2)$$

die die teilnehmerspezifischen CDMA-Codes enthält, und mit einem kombinierten Datenvektor,

$$15 \quad \underline{d} = (d_1, d_2, \dots, d_{KN})^T. \quad (3)$$

Die Übertragung des Summensignals \underline{s} über einen Mobilfunkkanal 4 mit der Impulsantwort \underline{h} kann durch eine Multiplikation mit einer Matrix

20

$$\underline{F} = (F_{i,j}); \quad i=1 \dots QN+W-1; \quad j=1 \dots QN;$$

$$F_{i+w-1,i} = \begin{cases} h_w & \text{für } i = 1 \dots QN, w = 1 \dots W \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \quad (4)$$

25

dargestellt werden. Das Empfangssignal \underline{e} ergibt sich zu

$$\underline{e} = \underline{F} \cdot \underline{s} + \underline{n} = \underline{F} \cdot \underline{C} \cdot \underline{d} + \underline{n} = \underline{A} \cdot \underline{d} + \underline{n} \quad (5)$$

mit der additiven Rauschfolge \underline{n} . Die Systemmatrix

30

$$A = F \cdot C \quad (6)$$

zur Darstellung des Empfangssignals \underline{e} lautet

$$35 \quad A = (A_{i,j}); \quad i=1 \dots NQ+WQ-1; \quad j=1 \dots KN;$$

$$A_{Q(n-1)+t, k+K(n-1)} = \begin{cases} b_t^{(k)} & \text{für } \begin{array}{l} k = 1 \dots K, \quad n = 1 \dots N \\ t = 1 \dots Q + W - 1, \quad \text{sonst.} \end{array} \\ 0 & \end{cases} \quad (7)$$

5 Die K Teilnehmersignale werden von der Basisstation 1 zu den einzelnen Teilnehmern über K unterschiedliche Kanäle übertragen, die durch die K kombinierten Impulsantworten

$$b^{(k)} = (b_1^{(k)}, b_2^{(k)} \dots b_{Q+W-1}^{(k)})^T \quad (8)$$

10 charakterisiert werden. Eine kombinierte Kanalimpulsantwort entsteht hierbei durch diskrete Faltung eines CDMA-Codes $\underline{c}^{(k)}$ mit einer zeitdiskreten Kanalimpulsantwort \underline{h} mit W Kanalparametern.

15 Wie bereits beschrieben, wird das Summensignal \underline{s} also über einen Mobilfunkkanal 4 mit der Impulsantwort \underline{h} übertragen. Im Empfänger 5 eines Teilnehmers k , $1 \dots K$, ergibt sich dann nach der durch ein Summierglied 6 symbolisierten Addition eines Rauschsignals \underline{n} das Empfangssignal \underline{e} . Das Empfangssignal \underline{e} wird in einem ersten Schritt in einem Kanalentzerrer 7 weiterverarbeitet, um einen Schätzwert $\hat{\underline{s}}$ für das gesendete Summensignal \underline{s} zu erhalten. In einem zweiten Schritt wird dann mittels eines signalangepaßten Filters 8, das speziell auf den spezifischen Code $\underline{c}^{(k)}$, $k=1 \dots K$, des interessierenden Teilnehmers k angepaßt ist, eine codeangepaßte Filterung durchgeführt. Durch diese Maßnahme werden wertkontinuierliche Schätzwerte $\hat{d}^{(k)}$, $k=1 \dots K$, der gesendeten Datensymbolfolgen $\underline{d}^{(k)}$, $k=1 \dots K$, bestimmt. Besonders vorteilhaft ist das Verfahren nach der Erfindung, wenn die teilnehmerspezifischen CDMA-Codes orthogonal sind. Im Empfänger 5 des Teilnehmers k müssen somit im Gegensatz zum JD-Algorithmus und zum IC-Algorithmus nur die Kanalimpulsantwort \underline{h} und der eigene teilnehmerspezifische CDMA-Code, dagegen nicht der CDMA-Code der übrigen Teilnehmer bekannt sein.

Zur Bestimmung des Schätzwertes \hat{s} für die gesendete Symbolfolge s kann im Kanalentzerrer 7 ähnlich wie bei dem im Zusammenhang mit der gemeinsamen Detektion (JD, Joint Detection) eingesetzten Algorithmus das ZF- oder MMSE-Kriterium 5 angewandt werden. Die Schätzwerte \hat{s} ergeben sich für den Fall unkorrelierten Rauschens n mit der Varianz σ^2 bei Anwendung des ZF-Kriteriums zu

$$\hat{s}_{c, \text{ZF}} = (\mathbf{E}^T \cdot \mathbf{E})^{-1} \cdot \mathbf{E}^T \cdot \mathbf{e} \quad (9)$$

10 und bei Anwendung des MMSE-Kriteriums zu

$$\hat{s}_{c, \text{MMSE}} = (\mathbf{E}^T \cdot \mathbf{E} + \sigma^2 \mathbf{R}_s^{-1})^{-1} \cdot \mathbf{E}^T \cdot \mathbf{e}. \quad (10)$$

15 Die Datenschätzwerte nach der codeangepaßten Filterung im teilnehmerspezifisch signalangepaßten Filter 8 ergeben sich zu

$$\begin{aligned} \hat{d}_{c, \text{ZF}}^{(k)} &= \mathbf{C}^T \cdot \hat{s}_{c, \text{ZF}} = \mathbf{C}^T \cdot (\mathbf{E}^T \cdot \mathbf{E})^{-1} \cdot \mathbf{E}^T \cdot \mathbf{e} = \\ 20 &= \mathbf{C}^T \cdot \mathbf{C} \cdot \mathbf{d} + \mathbf{C}^T \cdot (\mathbf{E}^T \cdot \mathbf{E})^{-1} \cdot \mathbf{E}^T \cdot \mathbf{n} \stackrel{\text{orth. Codes}}{=} \\ &= \underbrace{\mathbf{d}}_{\text{Nutzanteil}} + \underbrace{\mathbf{C}^T \cdot (\mathbf{E}^T \cdot \mathbf{E})^{-1} \cdot \mathbf{E}^T \cdot \mathbf{n}}_{\text{Rauschanteil}} \quad (11) \end{aligned}$$

25 bzw.

$$\begin{aligned} \hat{d}_{c, \text{MMSE}}^{(k)} &= \mathbf{C}^T \cdot \hat{s}_{c, \text{MMSE}} = \mathbf{C}^T \cdot (\mathbf{E}^T \cdot \mathbf{E} + \sigma^2 \mathbf{R}_s^{-1})^{-1} \cdot \mathbf{E}^T \cdot \mathbf{e} = \\ 30 &= \underbrace{\text{diag}(\mathbf{C}^T \cdot (\mathbf{E}^T \cdot \mathbf{E} + \sigma^2 \mathbf{R}_s^{-1})^{-1} \cdot \mathbf{E}^T \cdot \mathbf{E} \cdot \mathbf{C}) \cdot \mathbf{d}}_{\text{Nutzanteil}} + \\ &\quad + \underbrace{\text{diag}(\mathbf{C}^T \cdot (\mathbf{E}^T \cdot \mathbf{E} + \sigma^2 \mathbf{R}_s^{-1})^{-1} \cdot \mathbf{E}^T \cdot \mathbf{E} \cdot \mathbf{C}) \cdot \mathbf{n}}_{\text{Intersymbol- und Vielfachzugriffsinterferenzen}} + \\ 35 &\quad + \underbrace{\mathbf{C}^T \cdot (\mathbf{E}^T \cdot \mathbf{E} + \sigma^2 \mathbf{R}_s^{-1})^{-1} \cdot \mathbf{E}^T \cdot \mathbf{n}}_{\text{Rauschanteil}}, \quad (12) \end{aligned}$$

wobei $\mathbf{R}_s = \mathbf{E}(\mathbf{s} \cdot \mathbf{s}^T)$ die Kovarianzmatrix des Summensignals s ist.

40 Die Datenschätzwerte $\hat{d}_{c, \text{ZF}}^{(k)}$ nach dem ZF-Kriterium enthalten

einen Nutz- und einen Rauschanteil, die Datenschätzwerte $\hat{\underline{d}}_{c, \text{MMSE}}^{(k)}$ nach dem MMSE-Kriterium enthalten zusätzlich einen Intersymbol (ISI)- und Vielfachzugriffs (MAI)-Interferenzanteil.

5

Im Falle der MMSE-Entzerrung muß die Kovarianzmatrix \underline{R}_s , die davon abhängig ist, wieviele Teilnehmer momentan aktiv sind und welche CDMA-Codes verwendet werden, mit jedem dazukommenden oder wegfallenden Teilnehmer neu bestimmt werden. Die Kovarianzmatrix \underline{R}_s besitzt eine Band- und Blockstruktur gemäß Fig. 2 und ist hermitesch. Für den Fall, daß die Betragsquadrat der Komponenten des Datenvektors \underline{d} und der teilnehmer-spezifischen CDMA-Codes $\underline{\zeta}^{(k)}$, $k=1 \dots K$, gleich Eins sind, haben alle Elemente auf der Hauptdiagonalen von \underline{R}_s den Wert K . Die 10 Beträge der Werte auf den $Q-1$ besetzten Nebendiagonalen sind kleiner als K . Um die rechenaufwendige Inversion der Kovarianzmatrix \underline{R}_s zu vermeiden, wird diese Matrix, da sie nur 15 dünn belegt ist, angenähert durch

20

$$\underline{R}_s \approx K \cdot \underline{I} \quad (13)$$

mit der $(NQ) \cdot (NQ)$ -Einheitsmatrix \underline{I} . Hiermit ergeben sich aus der Gleichung (12) die Datenschätzwerte im Falle der MMSE-Entzerrung zu

25

$$\hat{\underline{d}}_{c, \text{MMSE}}^{(k)} = \underline{\zeta}^{(k)T} \cdot (\underline{F}^{(k)T} \cdot \underline{F}^{(k)} + \frac{\sigma^2}{K} \cdot \underline{I})^{-1} \cdot \underline{F}^{(k)T} \cdot \underline{e}. \quad (14)$$

Die Datenschätzwerte entsprechend der Gleichungen (11) und (14) können entweder direkt mittels Matrixinversion oder indirekt mittels Cholesky-Zerlegung bestimmt werden. Bei der 30 indirekten Bestimmung werden zunächst die Schätzwerte $\hat{\underline{s}}$ mittels Cholesky-Zerlegung bestimmt, und anschließend wird die Multiplikation mit der Matrix $\underline{\zeta}^{(k)T}$ zur Bestimmung des Schätzwertes $\hat{\underline{d}}_{c, \text{MMSE}}^{(k)}$ ausgeführt.

35

Im folgenden wird am Beispiel des MMSE-Kanalentzerrers nach der Gleichung (14) ein Verfahren zur suboptimalen rechenaufwandgünstigen Bestimmung der Datenschätzwerte im Frequenzbereich hergeleitet. Dazu wird ein bereits bekanntes Verfahren 5 angewandt, das eine aufwandsgünstige Matrixinversion im Frequenzbereich erlaubt, sofern die zu invertierende Matrix rechtszirkulant ist. Die in der Gleichung (14) zu invertierende Matrix $\underline{F}^T \cdot \underline{F} + \frac{\sigma^2}{K} I$ hat die in Fig. 3 dargestellte Struktur und ist somit nur näherungsweise rechtszirkulant. In der Fig. 10 3 sind gleiche Elemente durch gleiche Schraffur dargestellt.

Die Matrix $\underline{F}^T \cdot \underline{F} + \frac{\sigma^2}{K} I$ ist hermitesch, dünn belegt und besitzt eine Bänderstruktur, wobei die Haupt- und jede der Nebendiagonalen jeweils aus gleichen Werten besteht. Die Matrix 15 $\underline{F}^T \cdot \underline{F} + \frac{\sigma^2}{K} I$ wird derart modifiziert, daß die aufwandsgünstige Inversion im Frequenzbereich möglich wird, und die daraus resultierende Inverse wird als Näherungslösung für $(\underline{F}^T \cdot \underline{F} + \frac{\sigma^2}{K} I)^{-1}$ in der Gleichung (14) verwendet. Folgende Modifikationen der Matrix werden vorgenommen:

20

- Die Matrix wird rechtszirkulant erweitert, d.h. die zur Rechtszirkulanz fehlenden Matrixelemente werden ergänzt. Dadurch wird die aufwandsgünstige Matrixinversion im Frequenzbereich möglich.

25

- Die Dimension der Matrix wird erhöht. Dadurch wird der systematische Fehler und damit die zusätzliche Störung, die die rechtszirkulante Erweiterung besonders bei den ersten und letzten Datensymbolen jedes Teilnehmers bewirkt, verringert. Weiterhin wird dadurch ermöglicht, daß die Dimension der Matrix eine Zweierpotenz ist, so daß zur Lösung im Frequenzbereich die schnelle Fourier-Transformation (FFT, Fast Fourier Transform) angewendet werden kann.

30

- Zu jedem Element der Hauptdiagonalen der Matrix wird zusätzlich zum Term $\frac{\sigma^2}{K}$, siehe Gleichung (14), der die Varianz des Rauschens repräsentiert, eine zusätzliche Varianz σ^2 , addiert. Diese Varianz σ^2 repräsentiert den zusätzlichen Störterm, der durch das rechtszirkulante Erweitern der ursprünglich nicht rechtszirkulanten Matrix eingefügt wird. Zu jedem Element der Hauptdiagonalen der Matrix wird der gleiche Wert σ^2 addiert und nicht ein für die stärker gestörten ersten und letzten Datensymbole eines Teilnehmers höherer Wert, damit die rechtszirkulante Struktur der Matrix erhalten bleibt.

5

10

15 Die Schritte zur Modifikation der Matrix $\underline{E}^T \cdot \underline{E} + \frac{\sigma^2}{K} I$ und Matrix-inversion sind in Fig. 4 dargestellt. Nach der Berechnung der Inversen im Frequenzbereich wird eine Teilmatrix aus der Inversen ausgeschnitten, die die Dimension der ursprünglichen Matrix hat. Diese Teilmatrix wird in der Gleichung (14) an-

20 stelle der Matrix $(\underline{E}^T \cdot \underline{E} + \frac{\sigma^2}{K} I)^{-1}$ verwendet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Separieren eines empfangenen Signalgemisches \underline{e} zur Anwendung in den Empfängern der Teilnehmer eines Mehrteilnehmer-Signalübertragungssystems, in welchem die Übertragung der K verschiedenen Teilnehmersignale $(\underline{d}^{(k)}, k=1 \dots K)$, die sendeseitig jeweils mit einer unterschiedlichen teilnehmerspezifischen Signalform $(\underline{c}^{(k)}, k=1 \dots K)$, beaufschlagt sind, als Summensignal \underline{s} über ein und denselben Übertragungskanal erfolgt,
dadurch gekennzeichnet, daß im Empfänger eines Teilnehmers k in einem ersten Schritt eine Kanalentzerrung des empfangenen Signalgemisches \underline{e} durchgeführt wird, die einen Schätzwert \hat{s} des gesendeten Summensignals \underline{s} liefert, und daß in einem sich daran anschließenden zweiten Schritt eine teilnehmerspezifische Filterung vorgenommen wird, bei der die Filterkoeffizienten nur aus der teilnehmerspezifischen Signalform $(\underline{c}^{(k)}, k=1 \dots K)$ des jeweils interessierenden Teilnehmers k bestimmt werden und die somit an ihrem Ausgang ein geschätztes Signal $(\hat{d}^{(k)}, k=1 \dots K)$ des interessierenden Teilnehmers k liefert.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß zur Kanalentzerrung des empfangenen Signalgemisches \underline{e} ein nach dem Maximum-Likelihood-Prinzip arbeitender Entzerrer verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß zur Kanalentzerrung des empfangenen Signalgemisches \underline{e} ein suboptimal arbeitender Entzerrer eingesetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß zur Kanalentzerrung des empfangenen Signalgemisches \underline{e} ein nach dem Zero-Forcing-Prinzip (ZF), d.h. mit erwartungstreuer

Schätzung minimaler Varianz arbeitender Entzerrer verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1,

5 durch gekennzeichnet, daß zur Kanalentzerrung des empfangenen Signalgemisches \underline{a} ein nach dem Minimum-Mean-Square-Error-Prinzip (MMSE), d.h. mit optimaler linearer Schätzung arbeitender Entzerrer verwendet wird.

10

6. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß die teilnehmerspezifische Filterung im zweiten Schritt eine signalangepaßte Filterung, angepaßt auf die teilnehmerspezifische Signalform ($\underline{c}^{(k)}$, $k=1\dots K$), des jeweils interessierenden Teilnehmers k , ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß die teilnehmerspezifischen Signalformen ($\underline{c}^{(k)}$, $k=1\dots K$), der Teilnehmer orthogonal sind.

8. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß das empfangene Signalgemisch \underline{a} aus K gleichzeitig übertragenen, jeweils aus endlich langen Datenblöcken $\underline{d}^{(k)}$, $k=1\dots K$, mit digitalen Datensymbolen zusammengesetzten Datenfolgen (= Teilnehmersignale) besteht, die auf dem Übertragungsweg verzerrt werden, wobei jedem der Datensymbole einer Datenfolge vor der Übertragung ein der jeweiligen Datenfolge zugeordneter teilnehmerspezifischer Spreizcode (= teilnehmerspezifische Signalform) $\underline{c}^{(k)}$, $k=1\dots K$, (CDMA-Code) aufmoduliert wird, und daß im Empfänger des k -ten Teilnehmers die Schätzwerte $\hat{\underline{d}}^{(k)}$, $k=1\dots K$, der Datensymbolfolge (= Teilnehmersignal) des k -ten Teilnehmers unter Durchführung der beiden aufeinanderfolgenden Schritte, nämlich der Kanal-

entzerrung des empfangenen Signalgemisches \mathbf{e} und der teilnehmerspezifischen Filterung, gebildet werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8,
5 durch gekennzeichnet,
daß zur Kanalentzerrung des empfangenen Signalgemisches \mathbf{e} ein nach dem Maximum-Likelihood-Prinzip arbeitender Entzerrer verwendet wird.
- 10 10. Verfahren nach Anspruch 8,
durch gekennzeichnet,
daß zur Kanalentzerrung des empfangenen Signalgemisches \mathbf{e} ein suboptimal arbeitender Entzerrer eingesetzt wird.
- 15 11. Verfahren nach Anspruch 10,
durch gekennzeichnet,
daß zur Kanalentzerrung des empfangenen Signalgemisches \mathbf{e} ein sogenannter linearer Zero-Forcing-Blockentzerrer (ZF-BLE = Zero Forcing Block Linear Equalizer) verwendet wird.
- 20 12. Verfahren nach Anspruch 10,
durch gekennzeichnet,
daß zur Kanalentzerrung des empfangenen Signalgemisches \mathbf{e} ein sogenannter Minimum-Mean-Square-Error-Blockentzerrer (MMSE-BLE = Minimum Mean Square Error Block Linear Equalizer) verwendet wird.
- 30 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12,
durch gekennzeichnet,
daß die im zweiten Schritt durchgeführte Filterung auf den teilnehmerspezifischen CDMA-Code des interessierenden Teilnehmers k angepaßt ist.
- 35 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13,
durch gekennzeichnet,
daß die CDMA-Codes der Teilnehmer orthogonal sind.

15. Verfahren nach den Ansprüchen 5 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Datenschätzwerte $\hat{d}_{c, \text{MMSE}}^{(k)}$ aus der folgenden Gleichung ergeben:

$$5 \quad \hat{d}_{c, \text{MMSE}}^{(k)} = \mathbf{C}^T \cdot (\mathbf{E}^T \cdot \mathbf{E} + \frac{\sigma^2}{K} \mathbf{I})^{-1} \cdot \mathbf{E}^T \cdot \mathbf{g},$$

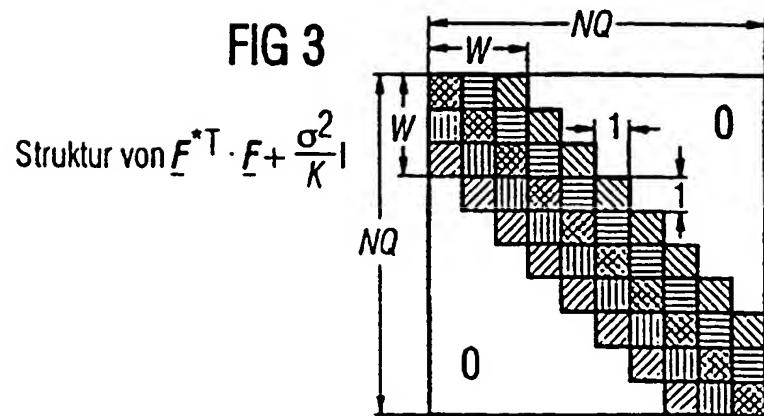
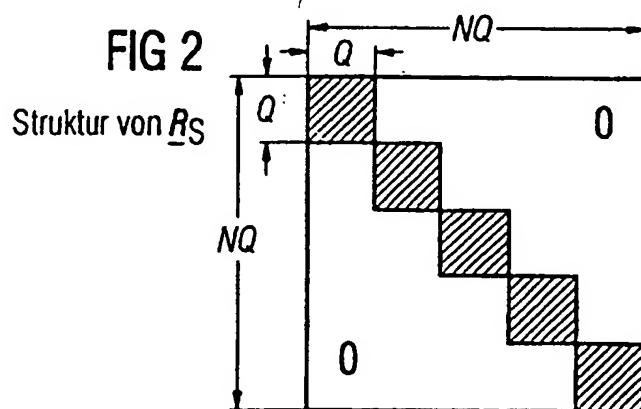
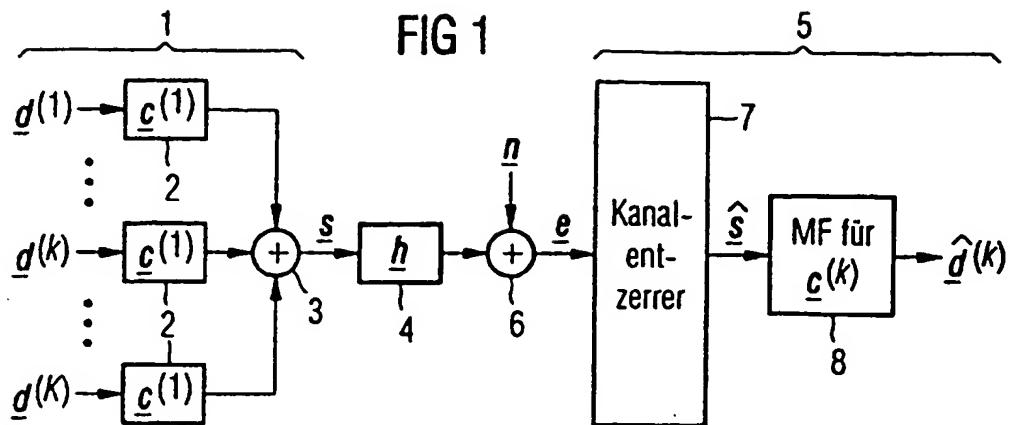
worin \mathbf{C} eine die teilnehmerspezifischen Codes enthaltende Matrix, \mathbf{E} eine die Kanalimpulsantworten \mathbf{h} enthaltende Matrix, σ^2 die Varianz des Rauschens \mathbf{n} sowie \mathbf{I} die Einheitsmatrix darstellen und $K \cdot \mathbf{I}$ die Kovarianzmatrix $\mathbf{R}_s = \mathbf{E}(\mathbf{g} \cdot \mathbf{g}^T)$ des Summensignals \mathbf{g} annähert, wobei Vektoren und Matrizen in kleinen bzw. großen Buchstaben fettgeschrieben, komplexe Größen unterstrichen, die komplexe Konjugation bzw. die Transposition durch $(\cdot)^*$ bzw. $(\cdot)^T$ und die Bildung des Erwartungswertes durch $\mathbf{E}(\cdot)$ beschrieben sind, daß zur suboptimalen Bestimmung 10 der Datenschätzwerte im Frequenzbereich die Matrix $\mathbf{E}^T \cdot \mathbf{E} + \frac{\sigma^2}{K} \mathbf{I}$, die hermitesch und dünn belegt ist sowie eine Bänderstruktur besitzt, wobei die Haupt- und jede der Nebendiagonalen jeweils aus gleichen Werten besteht, derart modifiziert wird, daß eine aufwandsgünstige Inversion im Frequenzbereich möglich 15 wird, wobei dann die daraus resultierende Inverse als Näherungslösung für $(\mathbf{E}^T \cdot \mathbf{E} + \frac{\sigma^2}{K} \mathbf{I})^{-1}$ verwendet wird, daß folgende Modifikationen der Matrix vorgenommen werden:

- Die Matrix wird rechtszirkulant erweitert, d.h. die zur Rechtszirkulanz fehlenden Matrixelemente werden ergänzt, 20 wodurch die aufwandsgünstige Matrixinversion im Frequenzbereich möglich wird;
- die Dimension der Matrix wird erhöht, wodurch der systematische Fehler und damit die zusätzliche Störung, die die rechtszirkulante Erweiterung besonders bei den ersten und 25 letzten Datensymbolen jedes Teilnehmers bewirkt, verringert wird und es darüber hinaus ermöglicht wird, daß die Dimension der Matrix eine Zweierpotenz ist, so daß zur Lösung im Frequenzbereich die schnelle Fourier-Transformation (FFT, 30 Fast Fourier Transform) angewendet werden kann;

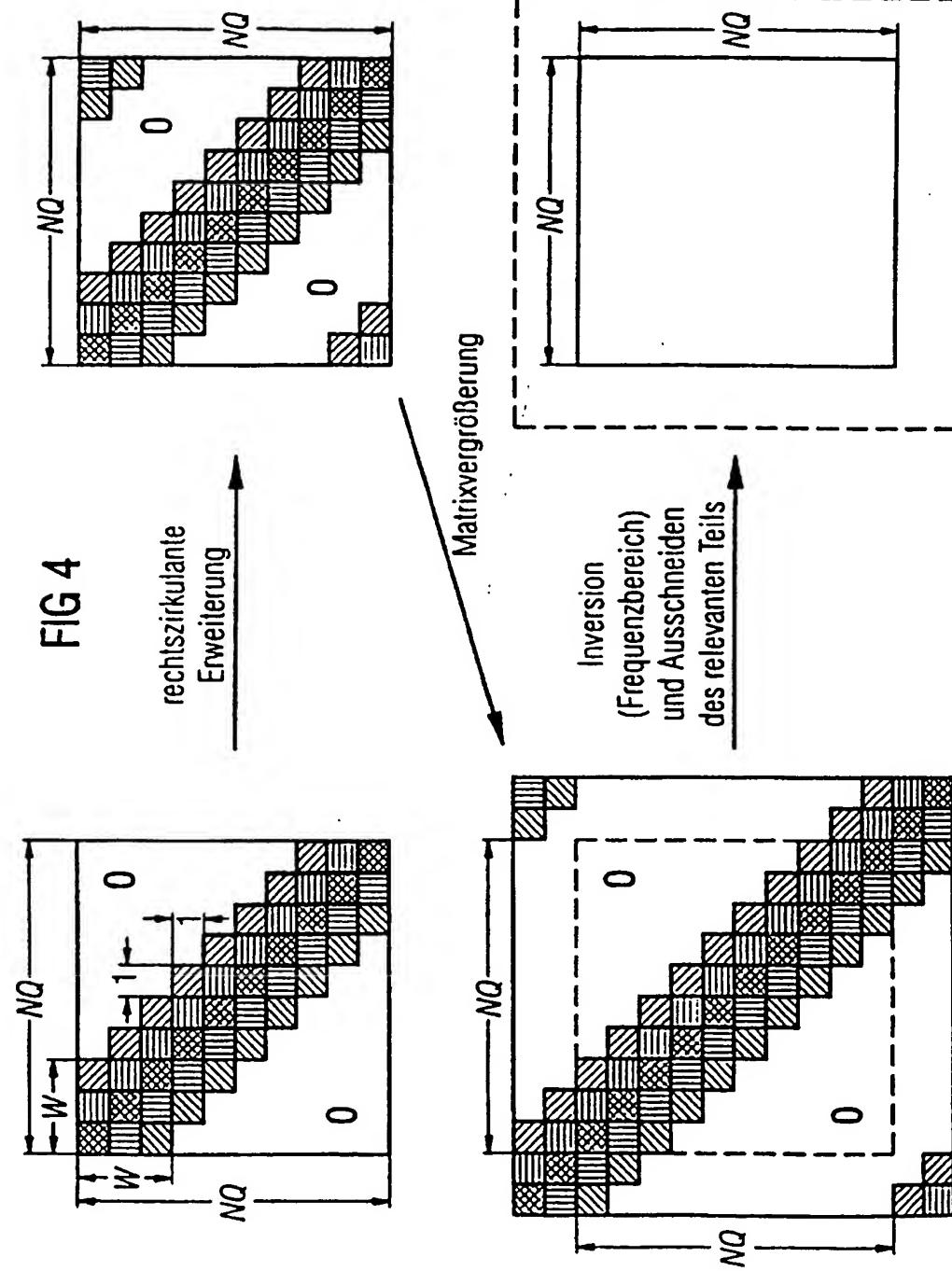
- zu jedem Element der Hauptdiagonalen der Matrix wird zusätzlich zum Term $\frac{\sigma^2}{K}$, der die Varianz des Rauschens repräsentiert, eine zusätzliche Varianz σ^2 , addiert, welche den zusätzlichen Störterm repräsentiert, der durch das rechtszirkulante Erweitern der ursprünglich nicht rechtszirkulanten Matrix eingefügt wird, wobei zu jedem Element der Hauptdiagonalen der Matrix der gleiche Wert σ^2 , und nicht ein für die stärker gestörten ersten und letzten Datensymbole eines Teilnehmers höherer Wert addiert wird, damit die rechtszirkulante Struktur der Matrix erhalten bleibt, und daß nach der Berechnung der Inversen im Frequenzbereich eine Teilmatrix aus der Inversen ausgeschnitten wird, die die Dimension der ursprünglichen Matrix hat, und diese Teilmatrix dann in der oben angegebenen Gleichung anstelle der Matrix $(\underline{F}^{*T} \cdot \underline{F} + \frac{\sigma^2}{K} I)^{-1}$ verwendet wird.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet
durch die Anwendung in der Abwärtsstrecke (downlink) eines
Mobilfunksystems in den Empfängern der K Teilnehmerstationen.

1/2



2/2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intell. Int'l Application No
PCT/DE 97/01160

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H04B7/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>WO 96 06487 A (NOKIA TELECOMMUNICATIONS OY ; LAAKSO TIMO (FI); HOTTINEN ARI (FI)) 29 February 1996 see page 3, line 30 - page 4, line 18 see page 6, line 19 - page 7, line 7 see page 8, line 12 - line 22 see page 11, line 7 - line 17 see figure 4</p> <p>---</p> <p style="text-align: center;">-/-</p>	1,6,8, 13,16

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

1 Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

26 September 1997

- 9. 10. 97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Larcinese, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Interr	Int'l Application No
PCT/DE 97/01160	

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>KLEIN A ET AL: "ZERO FORCING AND MINIMUM MEAN-SQUARE-ERROR EQUALIZATION FOR MULTIUSER DETECTION IN CODE-DIVISION MULTIPLE-ACCESS CHANNELS" IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, vol. 45, no. 2, May 1996, pages 276-287, XP000598095 see abstract see page 277, left-hand column, line 14 - page 278, left-hand column, line 1 see page 279, line 23 - page 280, line 1 -----</p>	1,3-5,7, 10-12,14

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern. Appl. No

PCT/DE 97/01160

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9606487 A	29-02-96	FI 943906 A AU 3259295 A CN 1135814 A EP 0740864 A JP 9504674 T NO 961641 A	26-02-96 14-03-96 13-11-96 06-11-96 06-05-97 24-06-96

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Unter das Aktenzeichen
PCT/DE 97/01160

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 H04B7/26

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprästoff (Klassifikationssystem und Klassifikationsymbole)
IPK 6 H04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprästoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>WO 96 06487 A (NOKIA TELECOMMUNICATIONS OY ;LAAKSO TIMO (FI); HOTTINEN ARI (FI)) 29. Februar 1996 siehe Seite 3, Zeile 30 - Seite 4, Zeile 18 siehe Seite 6, Zeile 19 - Seite 7, Zeile 7 siehe Seite 8, Zeile 12 - Zeile 22 siehe Seite 11, Zeile 7 - Zeile 17 siehe Abbildung 4</p> <p>---</p> <p>-/-</p>	1,6,8, 13,16

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

*'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

*'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

*'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

*'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,

eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

*'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

*'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kolidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzipes oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

*'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

*'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

*'Z' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

1

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

26. September 1997

- 9. 10. 97

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Larcinese, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 97/01160

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>KLEIN A ET AL: "ZERO FORCING AND MINIMUM MEAN-SQUARE-ERROR EQUALIZATION FOR MULTIUSER DETECTION IN CODE-DIVISION MULTIPLE-ACCESS CHANNELS" IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, Bd. 45, Nr. 2, Mai 1996, Seiten 276-287, XP000598095 siehe Zusammenfassung siehe Seite 277, linke Spalte, Zeile 14 - Seite 278, linke Spalte, Zeile 1 siehe Seite 279, Zeile 23 - Seite 280, Zeile 1 -----</p>	1,3-5,7, 10-12,14

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern des Aktenzeichens
PCT/DE 97/01160

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9606487 A	29-02-96	FI 943906 A AU 3259295 A CN 1135814 A EP 0740864 A JP 9504674 T NO 961641 A	26-02-96 14-03-96 13-11-96 06-11-96 06-05-97 24-06-96

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.
As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.